

УДК 630*182. 574.4

СОСТОЯНИЕ КОЛОЧНЫХ БЕРЕЗНЯКОВ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ В ЗОНЕ ВЫСОКОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

А. Ю. Кудрявцев ^{1✉}, М. Л. Опарин ¹, О. С. Опарина ¹,
А. Б. Мамаев ¹, Д. В. Ковалев ²

¹ *Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции
им. А. Н. Северцова РАН*

Россия, 410028, Саратов, Рабочая, 24

E-mail: akdytaks@mail.ru

² *ООО «Научно-исследовательский институт технологий органической,
неорганической химии и биотехнологий»*

Россия, 410005, Саратов, Большая Садовая, 239, литер «Л»

E-mail: dmvkovalev@yandex.ru

Поступила в редакцию 22.06.2020 г., после доработки 16.08.2020 г., принята 07.09.2020 г.

*Кудрявцев А. Ю., Опарин М. Л., Опарина О. С., Мамаев А. Б., Ковалев Д. В. Состояние ко-
лочных березняков Южного Зауралья в зоне высокой антропогенной нагрузки на природ-
ные экосистемы // Поволжский экологический журнал. 2020. № 4. С. 427 – 441. DOI:
<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-4-427-441>*

Аннотация. Представлены результаты исследования экосистемного разнообразия и состоя-
ния колочных лесов территории, расположенной в Щучанском районе Курганской области. В
ходе работы были проанализированы: видовой состав древостоев, производительность дре-
весных пород, состав подроста, подлеска и напочвенного покрова в насаждениях. Приводятся
данные о распространении древостоев различного возраста, состава, видов подроста и подлес-
ка, а также основных доминантов напочвенного покрова. Проведенные исследования показа-
ли, что лесные сообщества довольно четко различаются по характеру всех ярусов раститель-
ности. Предварительная оценка хозяйственного воздействия на территории участка позволила
выявить значительные изменения всех компонентов лесных экосистем – напочвенного покро-
ва, состава и продуктивности древостоев. Разнообразие лесных экосистем исследованной тер-
ритории обусловлено способностью многих видов растений произрастать в широком диапазо-
не экологических условий, а также составом, возрастом и сомкнутостью древесного яруса, кото-
рый, в свою очередь, обуславливает характер яруса кустарников и напочвенного покрова. Объем
типа леса взят достаточно крупно, в него объединены насаждения всех возрастных стадий разви-
тия древостоев. Выявлены особенности лесной растительности, характерные для колочных лесов
Южного Зауралья: мозаичность растительного покрова, низкая сомкнутость древостоев и нали-
чие в составе нижних ярусов видов открытых пространств. Полученные материалы показали,
что, несмотря на значительную антропогенную трансформацию, лесные экосистемы исследуе-
мой территории сохранили основные черты, характерные для своеобразной растительности лесос-
тепи Южной Сибири. Результаты исследований позволяют оценить разнообразие лесных экосис-
тем, дать предварительный прогноз динамики растительности участка и могут быть использо-
ваны при разработке научно-обоснованной стратегии управления лесами региона в условиях со-
вместного действия множества природных и антропогенных факторов.

Ключевые слова: экосистемное разнообразие, таксационная характеристика, параметры
дендроценозов, типы насаждений, состояние насаждений.

DOI: <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-4-427-441>

ВВЕДЕНИЕ

Леса являются самыми распространенными высокоорганизованными и значимыми для биосферы экосистемами нашей планеты. Сохранение лесов, устойчивое управление ими признается критическим фактором экономического и социального развития, защиты окружающей среды и в целом системы поддержания жизни на планете (Исаев, Коровин, 2013).

Основными факторами, определяющими состояние и развитие лесных экосистем, являются различные виды антропогенного воздействия: рубки, отчуждение территории, атмосферное загрязнение, лесные пожары, изменение климата (Цветков В. Ф., Цветков И. В., 2003; Ярмишко и др., 2009; Angelstam, 1998; Savolainen et al., 2007; Kuparinen et al., 2010; Cardinale et al., 2012; Osman, 2013; Cambi et al., 2015). Для оценки состояния лесных экосистем необходимо определение параметров всех элементов насаждений и, прежде всего, таксационных показателей древостоев (Алексеев, 1997; Neumann, Starlinger, 2001; Zhou et al., 2007; Garet et al., 2012; Jim, Zhang, 2015).

Рассматриваемая территория расположена на равнинной территории Южного Зауралья (Лавренко, 1947). Зональная растительность представлена сложным комплексом луговых злаково-разнотравных степей и остепненных лугов в сочетании с берёзовыми, осиново-берёзовыми и осиновыми лесами. Естественная зональная растительность сохранилась фрагментарно. Целостность растительного покрова нарушена сведением лесов и распахкой земель (Науменко, 2006). В этой ситуации крайне важно получить информацию о современном состоянии экосистем в целом, что позволит прогнозировать темпы и направленность их изменений в будущем.

Цель данной статьи – оценка экосистемного разнообразия и состояния колочных лесов территории, расположенной в Щучанском районе Курганской области в сфере влияния строящегося предприятия по переработке отходов I и II классов опасности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Характеристика природных условий района исследования. Исследования проводили в юго-западной части Западно-Сибирской низменности на территории Щучанского района Курганской области.

Рельеф района исследований равнинный с общим слабым уклоном с юга на север. Абсолютные высоты водоразделов незначительны и изменяются в пределах 180 – 230 м над ур. моря. Гидрографическая сеть района представлена р. Миасс и немногочисленными притоками, а также озёрами просадочного происхождения. Климат – континентальный, с большими суточными и годовыми амплитудами температур воздуха. Средние температуры января – -15.2°C , июля – $+18.3^{\circ}\text{C}$. В почвенном покрове района преобладают выщелоченные чернозёмы, солонцеватые чернозёмы и остаточные солонцеватые карбонатные чернозёмы, составляющие около 30% территории (Егоров, Кривонос, 1995).

Зональная растительность представлена сложным комплексом луговых злаково-разнотравных степей и остепненных лугов в сочетании с берёзовыми, осиново-берёзовыми и осиновыми лесами в колочных западинах и на повышениях рельефа

(Лавренко, 1947; Солнцев, 1948; Мильков, 1951, 1977; Коновалов, 1956; Никитин, 1956; Архипова, Горчаковский, 1962; Егоров, Кривонос, 1995; Кривонос, 2000; Науменко, 2006; Тебенькова, 2016). Для подтаёжной полосы, к которой относится Щучанский район, наиболее характерны мелколиственные и сосновые леса с вкраплениями ельников зеленомошных (Ильина, 1985). В границах Щучанского района произрастает 744 вида сосудистых растений (Науменко, 2003).

В наиболее общих чертах растительный покров территории имеет мезофильный облик (Природные ресурсы и охрана..., 2004). Доминирующие в структуре растительности типичные луговые степи и остепненные луга характеризуются распространением многолетних корневищных злаков – ветняка наземного (*Calamagrostis epigeios*), мятликов – узколистной (*Poa angustifolia*) и лугового (*P. pratensis*) и др. Наряду с ними в составе травостоев обычны: тимopheевка степная (*Phleum phleoides*), овсец Шелля (*Avenastrum schellianum*). Бобовые виды представлены горошком мышиным (*Vicia cracca*), чиной гороховидной (*Lathyrus pisiformis*), чиной луговой (*L. pratense*), клевером люпиновидным (*Trifolium lupinaster*) и др. Довольно разнообразно прочее разнотравье, в составе которого тысячелистник щетинистый (*Achillea setacea*), полынь понтийская (*Artemisia pontica*), земляника зеленая (*Fragaria viridis*), подмаренник (*Galium verum*), подорожник степной (*Plantago stepposa*), жабрица порезниковая (*Seseli libanotis*), зопник клубненосный (*Phlomoideis tuberosa*), вероника широколистная (*Veronica teucrium*) и другие виды.

Лесная растительность рассматриваемой территории сформирована березово-колочной формацией, основу которой составляет древостой из берёзы преимущественно двух видов – берёзы пушистой (*Betula pubescens*) и повислой (*B. pendula*). В составе березняков изредка встречается примесь осины (*Populus tremula*). Древостои разреженные, паркового типа, с хорошо развитым травянистым покровом из лугово-лесных и лугово-степных видов, закустаренные по опушкам. В составе кустарников преобладают: смородина красная (*Ribes rubrum*) и чёрная (*R. nigrum*), вишня степная (*Cerasus fruticosa*), малина (*Rubus idaeus*), жимолость алтайская (*Lonicera altaica*), ивы (*Salix*).

На освещенных местах нередко встречаются заросли степных кустарников: спирей городчатой (*Spiraea crenata*), раkitника русского (*Chamaecytisus ruthenicus*). Лугово-степные беслесные участки района исследований характеризуются пестротой типов местообитаний.

Описание растительности проводилось по стандартным методикам (Раменский, 1971; Загребев и др., 1992; Андреева и др., 2002). При исследовании древостоев использовали метод угловых реласкопических площадок В. Биттерлиха, который позволяет автоматизировать определение суммы поперечных сечений всей совокупности деревьев, образующих древостой. Среднюю высоту и диаметр деревьев измеряли на каждой площадке по 2-3 случайно выбранным деревьям. Их возраст определяли путем взятия кернов возрастным буром с подсчетом годичных колец. Запас древостоев вычисляли по стандартным таблицам сумм площадей сечений и запасов насаждений ЦНИИЛХ. При описании живого напочвенного покрова учитывали степень развития и основные доминирующие виды.

Кроме того, для оценки состояния экосистем были проведены специальные исследования.

Для оценки степени антропогенного воздействия на природные комплексы была использована методика «Оценки здоровья среды» (Захаров и др., 2001). В качестве объекта был выбран один вид древесных растений – берёза пушистая (*Betula pubescens*). Оценка состояния растений проводилась с использованием морфологического подхода (оценка стабильности развития). Уровень стабильности развития оценивали при помощи интегрального показателя – среднего относительного различия между сторонами листа на каждый признак. Для анализа использовали по 10 листьев с укороченных побегов из нижней части кроны от 10 деревьев в каждой точке. С каждого листа снимали показатели по пяти параметрам с правой и левой сторон. Величину асимметрии по каждому параметру рассчитывали как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Затем по формуле Пирсона определяли величину коэффициента асимметрии:

$$A_s = \frac{\bar{x} - M_0}{\sigma},$$

где σ – среднее квадратическое отклонение статистической совокупности. Затем вычисляли коэффициент асимметрии для каждого листа как среднюю всех параметров. Для этого сумму значений величин коэффициента асимметрии по каждому параметру делили на количество параметров. Далее вычисляли среднее значение асимметрии для каждого дерева и для всей выборки по формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}.$$

Кроме этого, нами выполнено определение фонового повреждения листьев березы по методике, разработанной сотрудниками Московского лесотехнического института (Мозолевская и др., 1990) и Приокско-Тerrasного заповедника (Костенчук, 1980). На сорванных листьях определяли долю листовой поверхности, занятую определенным типом повреждения. Доля освоенной листовой поверхности определяется отдельно для каждого типа повреждения глазомерно. При учете дополнительно ведется диагностика поражения листьев некрозами инфекционного и неинфекционного характера, ржавчинами, мучнисторосянными грибами и т.д. В итоге определяется суммарный показатель, характеризующий уровень потребления листовой филофагами с учетом характера и степени повреждения листьев.

Статистическая обработка первичных данных включала расчет параметров вариационных рядов по каждому исследованному признаку с помощью приложения Microsoft Office Excel 2010.

Кроме этого нами были описаны основные морфологические признаки почв в районе исследований: механический состав, влажность, сложение и консистенция, корни и другие биогенные элементы по классическим методам (Роде, 1955; Чертов, 1981; Кремер и др., 1986).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Почвы исследуемой территории представлены несколькими разновидностями чернозёмов, которые сформировались на делювиальных лессовидных суглинках, представляющих собой отложения четвертичного периода. В условиях равнинного рельефа и однообразия подстилающих пород под лесной растительностью и суходольными лугами образовались выщелоченные среднемощные чернозёмы.

Растительность характерна для лесостепного Зауралья. Представлены древесные и травянистые сообщества.

Травяная растительность представлена различными вариантами лугов. Наиболее распространенными являются сообщества разнотравно-злаковых лугов с господством вейника наземного (*Calamagrostis epigeios*). Большое число контуров эта ассоциация образует на водоразделах, где она формирует многочисленные поляны между лесными сообществами. В составе травостоя представлены различные виды лугового разнотравья: подмаренник настоящий (*Galium verum*), таволга шестилепестная (*Filipendula hexapetala*), клевер горный (*Amoria montana* [*Trifolium montanum*]), клубника (*Fragaria viridis*), чина луговая (*Lathyrus pratensis*), лютик едкий (*Ranunculus acris*), мышиный горошек (*Vicia cracca*). Заметна примесь сорных видов: крапивы двудомной (*Urtica dioica*), полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris*), молочая лозного (*Euphorbia virgata*), подорожника среднего (*Plantago media*).

На отдельных участках луга возникли после гибели берёзовых древостоев. Здесь нередко встречается костяника каменистая (*Rubus saxatilis*).

Довольно часто на лугах встречаются куртины кустарников: ракитника русского (*Chamaecytisus ruthenicus*), вишни кустарниковой (*Cerasus fruticosa*), ивы козьей (*Salix caprea*) и ивы пепельной (*S. cinerea*).

Древесная растительность представлена березняками с господством берёзы пушистой. Отмечена незначительная примесь осины (*P. tremula*). Возраст древостоев колеблется от 20 до 50 лет, причем на некоторых участках отмечены деревья разных поколений. Характерна очень низкая сомкнутость древостоев. Древостой средней сомкнутости отмечены лишь единично (табл. 1).

В подлеске преобладают следующие виды: шиповник (*Rosa majalis*), ракитник русский, вишня кустарниковая, ивы козья и пепельная, смородина чёрная (*Ribes nigrum*). Однородность почвенного покрова, низкая сомкнутость древостоев и контакт с открытыми пространствами обусловили значительное сходство напочвенного покрова с травостоями суходольных лугов. Характерно повсеместное распространение злаков – вейника наземного и коротконожи перистой (*Brachypodium pinnatum*), а также видов лугового разнотравья – таволги шестилепестной, мышиного горошка, клубники. Лесные виды представлены костянкой, осокой низкой (*Carex humilis*), геранью лесной (*Geranium sylvaticum*) и земляникой (*Fragaria vesca*), единично отмечена грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia*). Часто встречается крапива двудомная.

Чистые березняки в возрасте 20 лет характеризуются предельно низкой сомкнутостью (полнота древостоев – 0.3) и продуктивностью (запас – 24 м³/га). Берёза в них растет по II бонитету. Редкий подлесок состоит из ракитника русского. Тра-

востой, напротив, чрезвычайно мощный. Доминирует вейник наземный с примесью крапивы двудомной и некоторых видов лугового разнотравья.

Таблица 1. Характеристика различных типов насаждений

Table 1. Characteristics of different types of plantings

Состав	Древостой					Подроск возраст, м высота, м кол-во, тыс./га	Подлесок, кол-во, тыс./га	Напочвенный покров, % покрытия
	Возраст, годы	H/D м/см	Бонитет	Полнота	Запас, м ³ /га			
10Б ед. Ос	50	21/24	II	0.6	150	10Б, 3.0, 2.5		Грушанка круглолистная, осока низкая, земляника. 60%
10Б	25–40	20/20	I	0.5	120	–	Вк, 2.0	Костяника, вейник наземный, крапива двудомная, мышиный горошек. 70%
10Б	20–30	15/14	I	0.4	60	–	Вк, 2.5	Вейник наземный, костяника, крапива двудомная, мышиный горошек. 70%
10Б	25	11/12	II	0.4	40	–	Вк, 2.5	Вейник наземный, клубника, мышиный горошек. 70%
10Б	20	10/12	II	0.3	24	–	Рак, 1.0	Вейник наземный, крапива двудомная, таволга шестилепестная, мышиный горошек. 75%
10Б	25	12/12	II	0.4	44	–	Вк, 2.0	Вейник наземный, крапива двудомная, мышиный горошек, клевер горный. 70%
10Б+Ос	25	15/12	I	0.6	90	–	Шп, 1.5	Костяника, клевер горный, осока низкая. 50%
10Ос	25	14/14	I	0.7	91	–	Шп, 1.0	Костяника, клевер горный, осока низкая. 50%
10Б	40	22/22	I	0.4	108	–	См, Ивк, 2.0	Коротконожка перистая, вейник наземный, таволга шестилепестная, клубника, мышиный горошек. 50%

Примечание. Б – берёза; Ос – осина; Вк – вишня кустарниковая; Рак – ракитник русский; См – смородина; Ивк – ива козья.

Note. Б – birch; Ос – aspen; Вк – frutescent cherry (*Cerasus fruticosa*); Рак – broom Russian; См – currant; Ивк – goat willow.

По мере роста возрастает разнообразие сообществ, а также происходят заметные изменения их показателей. Березняки, достигшие 25 лет, в целом характеризуются низкой сомкнутостью (полнота древостоев – 0.4). Берёза растет по II бонитету. Запас их возрастает до 40 – 44 м³/га. В подлеске – кустарниковая вишня. В травостое сохраняется преобладание злаков, но из его состава выпадают сорные виды.

Полнота отдельных берёзовых древостоев достигает 0.6. В них берёза растет по I бонитету. Ее запас достигает 90 м³/га. Подлесок состоит из шиповника. Разви-

тие травостоя среднее. В его составе доминируют лесные виды – костяника и осока низкая. Аналогичное строение имеет и осинник того же возраста.

Сорокалетний березняк характеризуется низкой сомкнутостью (полнота древостоя – 0.4). Соответственно, невысока и его продуктивность (запас составляет $108 \text{ м}^3/\text{га}$), хотя берёза в этом древостое растет по I бонитету. Подлесок средней густоты состоит из ивы козьей и чёрной смородины. Травостой довольно разрежен. В его составе преобладают злаки с примесью лугового разнотравья.

Сообщество с древостоем, достигшим возраста 50 лет, коренным образом отличается от более молодых насаждений. Берёзовый древостой с небольшой примесью осины достигает полноты 0.6 и максимальной продуктивности ($150 \text{ м}^3/\text{га}$). Бонитет берёзы немного ниже (II). Отмечен подрост берёзы высотой до 3 м. Травостой состоит из лесных видов (осока низкая, земляника). При этом доминирует грушанка круглолистная, характерная для бореальных лесов. Кроме того, на исследованной территории описаны насаждения с разновозрастными древостоями. Сообщества, возраст деревьев в которых колеблется от 20 до 30 лет, характеризуются низкой сомкнутостью (полнота древостоев – 0.4). Берёза растет по I бонитету. Продуктивность низкая (запас до $60 \text{ м}^3/\text{га}$). Хорошо развитый подлесок состоит из кустарниковой вишни. В густом травостое преобладают вейник наземный и костяника, однако значительна примесь сорных видов и лугового разнотравья.

Сообщества, в которых возраст достигает 25 – 40 лет, характеризуются более высокой сомкнутостью (полнота древостоев – 0.5). Берёза растет по I бонитету. Их продуктивность значительно выше (запас до $120 \text{ м}^3/\text{га}$). Подлесок средней сомкнутости состоит из кустарниковой вишни. Травостой густой, с преобладанием костяники. Велика доля злаков, сорных видов и лугового разнотравья.

Диагностические признаки позволяют отнести насаждения исследуемой территории к типу леса – березняк костянико-разнотравный.

Отмечено повреждение деревьев пожарами. В некоторых случаях гибель пораженных деревьев привела к тому, что на месте разреженных лесных сообществ образовались луга с единичными деревьями.

В лесах низовые пожары 2009 г. привели к обгоранию корней и коры деревьев и выгоранию лесной подстилки, что вызвало значительное ослабление деревьев и снижение качества кроны. В 2012 г., в момент обследования лесов, очагов насекомых-вредителей не выявлено, что подтверждалось отсутствием дефолиации. Из насекомых-вредителей единично встретился непарный шелкопряд и большой берёзовый пилильщик. Для берёзы характерно поражение сердцевинной гнилью; для осины – ложным трутовиком, сухостойные деревья заселены и отработаны стволовыми вредителями (лубоеды, усачи, златки). В целом лесопатологическое состояние древостоев по результатам обследования 2012 г. было признано удовлетворительным (Алексеев и др., 2014).

Проведенное нами лесопатологическое обследование показало, что в настоящее время уровень повреждения листьев берёзы чрезвычайно низок (табл. 2). Степень повреждения нигде не превысила минимального значения (1 балл). При этом более 60% листьев вообще не имели повреждений. По типам повреждений явно

преобладают погрызы листьев. В единичных случаях отмечено скелетирование, бурая пятнистость, поселение тлей.

Таблица 2. Результаты учета повреждений листьев берёзы

Table 2. Results of studying birch leaf damage

Тип повреждения	Сумма баллов	Средний балл
Бурая пятнистость	3	0.02
Погрызы листьев	43	0.27
Скелетирование листьев	7	0.05
Тля	5	0.03
Общая степень повреждения листа	58	0.39

Таким образом, вероятность угрозы повреждений в настоящее время невелика. Однако наличие деревьев, погибших в результате пожара, позволяет оценить санитарное состояние древостоев как неудовлетворительное.

Исследование стабильности развития организмов проведено на берёзе бородавчатой. Изменение состояния здоровья живого организма является неспецифической реакцией на самые различные воздействия, и показатель стабильности развития дает информацию о результатах всех этих воздействий. Первый балл пятибалльной шкалы – условная норма. Значения, соответствующие первому баллу, наблюдаются в выборках растений из благоприятных условий произрастания. Пятый балл – критическое значение. Такие значения показателя асимметрии наблюдаются в крайне неблагоприятных условиях, когда растения находятся в сильно угнетенном состоянии. Нашим исследованием на основе расчета статистических параметров выборки из 100 листьев, собранных с 10 деревьев, определена средняя величина асимметрии их развития, которая составила 0.054. Расчеты проведены по методике, предложенной В. М. Захаровым с соавт. (2001). Состояние растений соответствует существенным отклонениям от нормы – четвертому баллу (0.050 – 0.054) по пятибалльной шкале изменения состояния организма. Приведенная оценка показала явную тенденцию к нарастанию степени отклонений состояния живых организмов от нормы под воздействием антропогенной нагрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разнообразие лесных экосистем исследованной нами территории обусловлено способностью многих видов растений обитать в широком диапазоне экологических условий (освещенность, влажность и др.), а также составом, возрастом и сомкнутостью древесного яруса, который, в свою очередь, обуславливает характер яруса кустарников и напочвенного покрова.

Проведенная нами оценка антропогенного воздействия на растительность района исследований позволила выявить значительные изменения всех компонентов лесных экосистем – напочвенного покрова, состава и продуктивности древостоев.

Выявленная нами трансформация лесных сообществ обусловлена снижением сомкнутости и продуктивности древостоев и внедрением в состав подлеска видов открытых пространств. Коренным образом изменился и характер напочвенного

покрова, из состава которого полностью выпали мхи и лишайники. Широкое развитие получил процесс задернения. Все эти факторы обуславливают низкую устойчивость лесов и создают предпосылки для их дальнейшей деградации. В то же время на исследованной территории выявлены отдельные фрагменты хорошо сохранившихся лесных экосистем.

Одним из основных факторов негативного воздействия на лесную растительность является пирогенный. В результате пирогенной дигрессии значительная часть насаждений длительное время сохраняет следы огня. Пожары ослабляют устойчивость лесных ассоциаций к лесным вредителям и ухудшают санитарно-гигиеническое состояние лесов (Технический отчет..., 2014).

Согласно классификации В. Н. Федорчука с соавт. (1998), предложенной на основании схемы И. Векка (Weck, 1956), по степени сохранности лесные экосистемы обследованного участка можно отнести к категории «антропогенные леса, близкие к естественным», в которых хозяйственное вмешательство значительно изменило структуру древостоя, но состав древостоев и их местообитания остались близкими к естественным. Древостои характеризуются крайне низкой продуктивностью, что связано с их сильной разреженностью. Кроме того, они еще не достигли возраста, в котором их можно вовлекать в эксплуатацию.

Полученные материалы показали, что, несмотря на значительную антропогенную трансформацию, лесные экосистемы исследуемой территории сохранили основные черты, характерные для своеобразной растительности лесостепи Южной Сибири. Экосистемы территории, обследованной нами в окрестностях объекта «Щучье», являются типичными для лесостепного Зауралья. Имеющиеся в них изменения антропогенного характера связаны как с пожарами, так, возможно, и с воздействием токсичных химических веществ, обусловленным близким расположением челябинского горно-металлургического комплекса и других подобных объектов, имеющих в Южном Урале.

На основе результатов проведенных исследований может быть разработана научно-обоснованная стратегия управления лесами в условиях совместного действия множества природных и антропогенных факторов, а также система мониторинга лесостепных экосистем региона на территории, прилежащей к месту расположения строящегося объекта по переработке промышленных отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев А. С. Мониторинг лесных экосистем. СПб. : С.-Петербург. гос. лесотехн. акад., 1997. 116 с.
- Алексеев Д. Д., Плотникова О. М., Козлов О. В., Максимовских С. Ю. Биомониторинговые исследования в районе расположения объекта «Щучье» по уничтожению химического оружия // Биосфера. 2014. Т. 6, № 1. С. 17 – 28.
- Андреева Е. Н., Баккал В. В., Горшков В. В., Лянгузова И. В., Мазная Е. А., Нешатаев В. Ю., Нешатаева В. Ю., Ставрова Н. И., Ярмишко В. Т., Ярмишко М. А. Методы изучения лесных сообществ. СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2002. 240 с.
- Архипова Н. П., Горчаковский П. Л. О закономерностях распределения растительности в связи с рельефом в долине реки Тобол на южной границе лесостепи // Зап. Свердлов. отд. Всесоюз. бот. о-ва. 1962. Вып. 2. С. 107 – 114.

- Егоров В. П., Кривонос Л. А. Почвы Курганской области. Курган : Изд-во Зауралье, 1995. 174 с.
- Загреев В. В., Сухих В. И., Швиденко А. З., Гусев Н. Н., Мошкалева А. Г. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. М. : Колос, 1992. 495 с.
- Захаров В. М., Чубинишвили А. Т., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К. Здоровье среды : методика и практика оценки в Москве. М. : Центр экологической политики России, 2001. 68 с.
- Ильина И. С. Основные географические закономерности растительного покрова Западно-Сибирской равнины // Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1985. С. 8 – 18.
- Исаев А. С., Коровин Г. Н. Лес как национальное достояние России // Лесоведение. 2013. № 5. С. 5 – 12.
- Коновалов Н. А. Очерк лесной растительности долин рек Тобола и Миасса в пределах Курганской области // Рационализаторские предложения и обмен опытом на предприятиях лесной промышленности и лесного хозяйства. Свердловск : Кн. изд-во, 1956. С. 93 – 102.
- Костенчук Н. А. Дендроценологический мониторинг и методы лесной таксации // Докл. на совещ. Рабочей группы экспертов в рамках программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАБ). Пушино : НЦБИ АН СССР, 1980. 10 с.
- Кремер А. М., Булавик И. М., Вайчис М. В., Дрожалов М. М., Любич Д. Д., Новосельцева А. И., Паршевников А. Л., Смольянинов И. И., Якимов Ю. В. Полевые исследования почвы. Порядок и способы определения работ. Основные требования к результатам (ОСТ 56-81-84). М. : ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1986. 14 с.
- Кривонос Л. А. Физико-географическое районирование и ландшафты Курганской области // Актуальные вопросы земледелия, растениеводства и кормопроизводства : материалы науч. конф. агр. фак. Курган : Изд-во Курган. гос. с.-х. академии, 2000. С. 94 – 96.
- Лавренко Е. М. Принципы и единицы геоботанического районирования // Геоботаническое районирование СССР. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1947. С. 9 – 13.
- Мильков Ф. Н. Лесостепной ландшафт и его зональное подразделение // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1951. № 5. С. 3 – 14.
- Мильков Ф. Н. Природные зоны СССР. М. : Мысль, 1977. 293 с.
- Мозолевская Е. Г., Галасьева Т. В., Соколова Э. С., Осипов И. Н., Осипова А. С. Организация лесопатологического мониторинга в заповедниках. Методические рекомендации. Пушино : Науч. центр биол. исследований АН СССР, 1990. 29 с.
- Науменко Н. И. Флора Южного Зауралья : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2003. 32 с.
- Науменко Н. И. Геоботаническое районирование Южного Зауралья // Вестн. Курган. гос. ун-та. Сер. Естественные науки. 2006. № 4. С. 20 – 24.
- Никитин С. А. Лесная растительность степного Зауралья // Сообщ. Ин-та леса АН СССР. 1956. Вып. 6. С. 45 – 61.
- Природные ресурсы и охрана окружающей среды Курганской области в 2003 году. Доклад / Комитет природных ресурсов по Курганской области. Курган, 2004. 99 с.
- Раменский Л. Г. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1971. 334 с.
- Роде А. А. Почвоведение. М. : Гослесбумиздат, 1955. 524 с.
- Солнцев Н. А. Природный ландшафт и некоторые его общие закономерности // Тр. II Всесоюз. геогр. съезда. М. : Географиз, 1948. Т. 1. С. 258 – 269.
- Тетьенкова Е. А. Природные ландшафты Курганской области : теория и методика изучения : учеб. пособие. Курган : Изд-во Курган. гос. ун-та, 2016. 114 с.

СОСТОЯНИЕ КОЛОЧНЫХ БЕРЕЗНЯКОВ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Технический отчет об инженерно-экологических изысканиях для подготовки проектной документации на проведение работ по ликвидации деятельности объекта по хранению и объекта по уничтожению химического оружия в г. Щучье Курганской области. Ижевск : Изд-во Удмурт. гос. ун-та, 2014. 48 с.

Федорчук В. Н., Кузнецова М. Л., Андреева А. А., Моисеев Д. В. Резерват «Вепский лес». Лесоводственные исследования. СПб. : СПбНИИЛХ, 1998. 208 с.

Цветков В. Ф., Цветков И. В. Лес в условиях аэротехногенного загрязнения. Архангельск : Изд-во Архангельск. гос. техн. ун-та, 2003. 354 с.

Чертов О. Г. Экология лесных земель (почвенно-экологическое исследование лесных местообитаний). Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1981. 192 с.

Шумилова Л. В. Ботаническая география Сибири. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 1962. 439 с.

Ярмишко В. Т., Баккал И. Ю., Борисова О. В., Горшков В. В., Катютин П. Н., Лянгузова И. В., Мазная Е. А., Ставрова Н. И., Ярмишко М. А. Динамика лесных сообществ Северо-Запада России. СПб. : BBM, 2009. 276 с.

Angelstam P. K. Maintaining and Restoring Biodiversity in European Boreal Forests by Developing Natural Disturbance Regimes // J. Vegetation Science. 1998. Vol. 9, iss. 4. P. 593 – 602.

Cambi M., Certini G., Marchi E. The Impact of Heavy Traffic on Forest Soils : A Review // Forest Ecology and Management. 2015. Vol. 338. P. 124 – 138.

Cardinale J. B., Duffy J. E., Gonzales A., Duffy J. E., Gonzalez A., Hooper D. U., Perring C., Venail P., Narwani A., Mace G. M., Tilman D., Wardle D. A., Kinzig A. P., Daily G. C., Loreau M., Grace J. B., Larigauderie A., Srivastava D. S., Naeem S. Biodiversity Loss and Its Impact on Humanity // Nature. 2012. Vol. 486. P. 59 – 67.

Garet J., Raulier F., Potier D., Cumming S. G. Forest Age Class Structures as Indicators of Sustainability in Boreal Forest are we Measuring Them Correcnly? // Ecological Indicators. 2012. Vol. 23. P. 202 – 210.

Jim C. Y., Zhang H. Urbanization Effects on Spatial-temporal Differentiation of Tree Communities in High Density Residential Areas // Urban Ecosystems. 2015. Vol. 18, № 4. P. 1081 – 1101.

Kuparinen A., Savolainen O., Schurr F. M. Increased Mortality Can Promote Evolutionary Adaptation of Forest Trees to Climate Change // Forest Ecology and Management. 2010. Vol. 259, iss. 5. P. 1003 – 1008.

Neumann M., Starlinger F. The Significance of Different Indices for Stand Structure and Diversity in Forests // Ecology Management. 2001. Vol. 145, iss. 1 – 2. P. 91 – 106.

Osman K. T. Forest Soils : Properties and Management. Cham, Spinger, 2013. 221 p.

Savolainen O., Pyhajarvi T., Knurr T. Gene Flow and Local Adaptation in Trees // Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 2007. Vol. 38. P. 595 – 619.

Weck J. Entwicklungstufe und Gefügetypen von Baumbeständen // Forstwissenschaftliches Centralblatt, 1956. Bd. 75, № 3/4. S. 108 – 124.

Zhou L., Dai L., Gu H., Zhong L. Review on the Decomposition and Influence Factors of Coarse Woody Debris in Forest Ecosystem // J. of Forestry Research. 2007. Vol. 18, iss. 1. P. 48 – 54.

А. Ю. Кудрявцев, М. Л. Опарин, О. С. Опарина и др.

State of Split Birch Woods of the Southern Trans-Urals in the Zone of High Anthropogenic Load on Natural Ecosystems

Alexey Yu. Kudryavtsev ^{1✉}, akydtaks@mail.ru

Mikhail L. Oparin ¹, <https://orcid.org/0000-0001-8575-5418>; oparinml@mail.ru

Olga S. Oparina ¹, <https://orcid.org/0000-0001-5581-4122>; otis07@mail.ru

Askhat B. Mamaev ¹, <https://orcid.org/0000-0002-3810-6324>; acxat_86@mail.ru

Dmitriy V. Kovalev ², dmykovalev@yandex.ru

¹ *Saratov Branch of A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution,
Russian Academy of Sciences*

24 Rabochaya St., Saratov 410028, Russia

² *“Scientific-research Institute of Technologies of Organic
and Inorganic Chemistry and Biotechnologies” Ltd.*

Liter “L” 239 Bolshaya Sadovaya St., Saratov 410005, Russia

Received 22 June 2020, revised 16 August 2020, accepted 7 September 2020

Kudryavtsev A. Yu., Oparin M. L., Oparina O. S., Mamaev A. B., Kovalev D. V. State of Split Birch Woods of the Southern Trans-Urals in the Zone of High Anthropogenic Load on Natural Ecosystems. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2020, no. 4, pp. 427–441 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-4-427-441>

Abstract. The paper presents the results of our study of ecosystem diversity and the state of split-forest areas located in the Shchuchansky district of the Kurgan region. The species composition of forest stands, the productivity of tree species, the composition of underwood, brushwood and ground cover in plantations were analyzed. Data on the distribution of forest stands of various ages, composition, types of underwood and brushwood, as well as the main dominants of the ground cover are presented. Our studies have shown that forest communities are quite distinctly different in the nature of all storeys. A preliminary assessment of the economic impact on the territory of the site made it possible to identify significant changes in all the components of forest ecosystems, namely, ground cover, the composition and productivity of forest stands. The diversity of forest ecosystems in the study area is due to the ability of many plant species to inhabit a wide range of ecological conditions, as well as the composition, age and crown-contact, which, in turn, determines the nature of the storey of shrubs and ground cover. The volume of the forest type was taken quite large, it combined plantations of all age stages of forest stands development. Features of forest vegetation, typical for split forests of the Southern Trans-Urals, were revealed, namely: mosaic vegetation cover, low crown-contact and the presence of open spaces species in the lower storeys. The materials obtained showed that, despite the significant anthropogenic transformation, the forest ecosystems of the study area retained the main features characteristic of the peculiar vegetation of the forest-steppe of southern Siberia. The research results will make it possible to assess the diversity of forest ecosystems, to give a preliminary forecast of the dynamics of the site's vegetation and can be used in the development of a scientifically grounded strategy for forest management in the region under the conditions of the joint action of many natural and anthropogenic factors.

Keywords: ecosystem diversity, taxation characteristics, parameters of dendrocenoses, types of plantations, state of plantations.

DOI: <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-4-427-441>

REFERENCES

- Alekseev A. S. *Monitoring lesnykh ekosistem* [Monitoring of Forest Ecosystems]. Saint Petersburg, Sankt-Peterburgskaia gosudarstvennaia lesotekhnicheskaiia akademiia Publ., 1997. 116 p. (in Russian).
- Alekseyus D. D., Plotnikova O. M., Kozlov O. V., Maksimovskikh S. Yu. Biological Monitoring of the Protected Area of “Schuch’ye” Facility for Destruction of Chemical Weapons. *Biosfera*, 2014, vol. 6, no. 1, pp. 17–28 (in Russian).
- Andreeva E. N., Bakkal I. Yu., Gorshkov V. V., Lyanguzova I. V., Maznaya E. A., Neshataev V. Yu., Neshataeva V. Yu., Stavrova N. I., Yarmishko V. T., Yarmishko M. A. *Metody izucheniya lesnykh soobshchestv* [Forest Community Research Methods]. Saint Petersburg, Izdatel'stvo Sankt-Peterburgskogo universiteta, 2002. 240 p. (in Russian).
- Arkhipova N. P., Gorchakovskiy P. L. On the Regularities of Vegetation Distribution in Connection With the Relief in the Tobol River Valley on the Southern Boundary of the Forest-steppe. *Zapiski Sverdlovskogo otdeleniia Vsesoiuznogo botanicheskogo obshchestva*, 1962, iss. 2, pp. 107–114 (in Russian).
- Egorov V. P., Krivonos L. A. *Pochvy Kurganskoi oblasti* [Soils of the Kurgan Region]. Kurgan, Izdatel'stvo Zaural'e, 1995. 174 p. (in Russian).
- Zagreev V. V., Sukhikh V. I., Shvidenko A. Z., Gusev N. N., Moshkalev A. G. *Obshche-soiuznye normativy dlia taksatsii lesov* [Generally Union Norms for Forest Taxation]. Moscow, Kolos Publ., 1992. 495 p. (in Russian).
- Zakharov V. M., Chubinishvili A. T., Baranov A. S., Borisov V. I., Valetskii A. V., Kryazheva N. G., Chistyakova E. K. *Zdorov'e sredy: metodika i praktika otsenki v Moskve* [Health of Environment: assessment methodology and practice in Moscow]. Moscow, Tsentr ekologicheskoi politiki Rossii Publ., 2001. 68 p. (in Russian).
- Ilyina I. S. The Main Geographical Patterns of the West Siberian Plain Vegetation. In: *Rastitelnyy pokrov Zapadno-Sibirskoy ravniny* [Vegetation Cover of West Siberian Plain]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1985, pp. 8–18 (in Russian).
- Isaev A. S., Korovin G. N. Forest as the National Treasure of Russia. *Lesovedenie*, 2013, no. 5, pp. 5–12 (in Russian).
- Kononov N. A. Essay on Forest Vegetation of the Valleys of the Tobol and Miassa Rivers Within the Kurgan Region. In: *Ratsionalizatorskie predlozheniia i obmen opytom na predpriiatiakh lesnoi promyshlennosti i lesnogo khoziaistva* [Rationalization Proposals and Exchange of Experience at the Factories of the Forest Industry and Forestry]. Sverdlovsk, Knizhnoe izdatel'stvo, 1956, pp. 93–102 (in Russian).
- Kostenchuk N. A. Dendrochronological Monitoring and Methods of Forest Taxation. In: *Doklady na soveshchaniy Rabochei grupy ekspertov v ramkakh programmy IuNESKO “Chelovek i biosfera” (MAB)* [Reports at the Meeting of the Working Group of Experts Within the Framework of the UNESCO Program “Man and the Biosphere” (MAB)]. Pushchino, NCBI AN SSSR Publ., 1980. 10 p. (in Russian).
- Kremer A. M., Bulavik I. M., Vaichis M. V., Drozhalov M. M., Lyubich D. D., Novoseltseva A. I., Parshevnikov A. L., Smolyaninov I. I., Yakimov Yu. V. *Polevyie issledovaniia pochvy. Poriadok i sposoby opredeleniia rabot. Osnovnye trebovaniia k rezul'tatam (OST 56-81-84)* [Field

Soil Studies. The Procedure and Methods of Determining Operations. Basic Requirements to Results (OST 56-81-84)]. Moscow, TsBNTI Gosleskhoza SSSR Publ., 1986. 14 p. (in Russian).

Krivoson L. A. Physico-geographical Zoning and Landscapes of the Kurgan Region. In: *Aktual'nye voprosy zemledeliia, rastenievodstva i kormoproizvodstva: materialy nauchnoi konferentsii agronomicheskogo fakul'teta* [Actual Issues of Agriculture, Crop Production and Feed Production: Materials of the Scientific Conference of the Faculty of Agronomy]. Kurgan, Izdatel'stvo Kurganskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii, 2000, pp. 94–96 (in Russian).

Lavrenko E. M. Principles and Units of Geobotanical Zoning. In: *Geobotanicheskoe rajonirovanie SSSR* [Geobotanical Zoning of the USSR]. Moscow, Leningrad, Izdatel'stvo AN SSSR, 1947, pp. 9–13 (in Russian).

Milkov F. N. Forest-steppe Landscape and Its Zonal Division. *Izvestiia Akademii nauk SSSR, Ser. Geograficheskaiia*, 1951, no. 5, pp. 3–14 (in Russian).

Milkov F. N. *Prirodnyye zony SSSR* [Natural Zones of the USSR]. Moscow, Mysl Publ., 1977. 293 p. (in Russian).

Mozolevskaya E. G., Galas'eva T. V., Sokolova E. S., Osipov I. N., Osipova A. S. *Organizatsiia lesopatologicheskogo monitoringa v zapovednikakh. Metodicheskoe rekomendatsii* [Organization of Forest Pathology Monitoring in the Reserves]. Pushchino, Nauchnyi tsentr biologicheskikh issledovaniï AN SSSR Publ., 1990. 29 p. (in Russian).

Naumenko N. I. *Flora Yuzhnogo Zaural'ia* [Flora of the Southern Trans-Urals]. Thesis Diss. Dr. Sci. (Biol.). Saint Petersburg, 2003. 32 p. (in Russian).

Naumenko N. I. Geobotanical zoning of the Southern Trans-Urals. *Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta, Ser. Estestvennye nauki*, 2006, no. 4, pp. 20–24 (in Russian).

Nikitin S. A. Forest Vegetation of the Steppe Trans-Urals. *Reports of the Institute of Forest of the USSR Academy of Sciences*, 1956, iss. 6, pp. 45–61 (in Russian).

Prirodnye resursy i okhrana okruzhaiushchei sredy Kurganskoi oblasti v 2003 godu. Doklad [Natural Resources and Environmental Protection of the Kurgan Region in 2003. Report]. Kurgan, Komitet prirodnkh resursov po Kurganskoi oblasti Publ., 2004. 99 p. (in Russian).

Ramensky L. G. *Problemy i metody izucheniia rastitel'nogo pokrova* [Problems and Methods in the Study of the Plant Cover]. Leningrad, Nauka Publ., 1971. 334 p. (in Russian).

Rode A. A. *Pochvovedenie* [Soil Science]. Moscow, Goslesbumizdat, 1955. 524 p. (in Russian).

Solntsev N. A. The Natural Geographic Landscape and Some of Its Generalrules. *Proceedings of the Second All-Union Geographical Congress*. Moscow, Geografiz Publ., 1948, vol. 1, pp. 258–269 (in Russian).

Tebenkova E. A. *Prirodnye landshafty Kurganskoy oblasti: teoriya i metodika izucheniya: Uchebnoe posobie* [Natural landscapes of the Kurgan region: theory and methods of study: Textbook]. Kurgan, Izdatel'stvo Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta, 2016. 114 p. (in Russian).

Tekhnicheskii otchet ob inzhenerno-ekologicheskikh izyskaniiax dlia podgotovki projekt-noi dokumentatsii na provedenie rabot po likvidatsii deiatel'nosti ob"ekta po khraneniui i ob"ekta po unichtozheniiu khimicheskogo oruzhiia v g. Shchuch'e Kurganskoi oblasti [Technical Report on Engineering and Environmental Surveys for the Preparation of Project Documentation for the Elimination of the Activities of the Storage Facility and the Chemical Weapons Destruction Facility in Shchuchye, Kurgan Region]. Izhevsk, Izdatel'stvo Udmurtskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014. 48 p. (in Russian).

Fedorchuk V. N., Kuznetsova M. L., Andreeva A. A., Moiseev D. V. *Rezervat "Vepsskiy les"*. *Lesovodstvennye issledovaniya* [Reserve "Vepsian Forest". Forestry Research]. Saint Petersburg, SpbNIILH Publ., 1998. 208 p. (in Russian).

Tsvetkov V. F., Tsvetkov I. V. *A Forest in Conditions of Technological Air Pollution*. Arkhangelsk, Izdatel'stvo Arkhangel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2003. 354 p. (in Russian).

- Chertov O. G. *Ekologiya lesnykh zemel' (pochvenno-ekologicheskoe issledovanie lesnykh mestoobitaniy)* [Ecology of Forest Land (Soil and Ecological Research of Forest Habitats)]. Lenin-grad, Nauka Publ., 1981. 192 p. (in Russian).
- Shumilova L. V. *Botanicheskaya geografiya Sibiri* [Botanical Geography of Siberia]. Tomsk, Izdatel'stvo Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 1962. 439 p. (in Russian).
- Yarmishko V. T., Bakkal I. Yu., Borisova O. V., Gorshkov V. V., Katyutin P. N., Lyanguzova I. V., Maznaya E. A., Stavrova N. I., Yarmishko M. A. *Dinamika lesnykh soobshchestv Severo-Zapada Rossii* [The Dynamics of forest communities of North-West Russia]. Saint Petersburg, VVM Publ., 2009. 276 p. (in Russian).
- Angelstam P. K. Maintaining and Restoring Biodiversity in European Boreal Forests by Developing Natural Disturbance Regimes. *J. Vegetation Science*, 1998, vol. 9, iss. 4, pp. 593–602.
- Cambi M., Certini G., Marchi E. The Impact of Heavy Traffic on Forest Soils: A Review. *Forest Ecology and Management*, 2015, vol. 338, pp. 124–138.
- Cardinale J. B., Duffy J. E., Gonzales A., Duffy J. E., Gonzalez A., Hooper D. U., Per-rings C., Venail P., Narwani A., Mace G. M., Tilman D., Wardle D. A., Kinzig A. P., Daily G. C., Loreau M., Grace J. B., Larigauderie A., Srivastava D. S., Naeem S. Biodiversity Loss and Its Impact on Humanity. *Nature*, 2012, vol. 486, pp. 59–67.
- Garet J., Raulier F., Potier D., Cumming S. G. Forest Age Class Structures as Indicators of Sustainability in Boreal Forest are we Measuring Them Correctly? *Ecological Indicators*, 2012, vol. 23, pp. 202–210.
- Jim C. Y., Zhang H. Urbanization Effects on Spatial-temporal Differentiation of Tree Communi-ties in High Density Residential Areas. *Urban Ecosystems*, 2015, vol. 18, no. 4, pp. 1081–1101.
- Kuparinen A., Savolainen O., Schurr F. M. Increased Mortality Can Promote Evolutionary Adaptation of Forest Trees to Climate Change. *Forest Ecology and Management*, 2010, vol. 259, iss. 5, pp. 1003–1008.
- Neumann M., Starlinger F. The Significance of Different Indices for Stand Structure and Diversity in Forests. *Ecology Management*, 2001, vol. 145, iss. 1–2, pp. 91–106.
- Osman K. T. *Forest Soils: Properties and Management*. Cham, Springer, 2013. 221 p.
- Savolainen O., Pyhajarvi T., Knurr T. Gene Flow and Local Adaptation in Trees. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 2007, vol. 38, pp. 595–619.
- Weck J. Entwicklungsstufe und Gefügetypen von Baumbeständen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 1956, Bd. 75, no. 3/4, S. 108–124.
- Zhou L., Dai L., Gu H., Zhong L. Review on the Decomposition and Influence Factors of Coarse Woody Debris in Forest Ecosystem. *J. of Forestry Research*, 2007, vol. 18, iss. 1, pp. 48–54.